Bancada Para Ensaio e Obtenção De Performance De Bomba Centrífuga

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
UNIFACEAR

Alexandre Francisco Andrade[1]; Alexandre Rodrigo Chepluk[1]; Edson Daniel Banak Varela[1]; Rafael Machado Dias[1]; Vinicius Antonio Duda Barbosa[1].

Unifacear[1] – Engenharia Mecânica.

RESUMO

A busca por equipamentos com dados técnicos confiáveis tem sido a principal escolha de empresas que utilizam máquinas de fluxo em seus processos produtivos.
O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma bancada de testes para obter a curva característica de uma bomba centrífuga.
Como referência nos testes, a norma MB-1032 (Bombas hidráulicas de fluxo – Ensaios de desempenho e de cavitação) foi utilizada, onde no Inmetro esta norma é registrada como NBR6400 e prescreve métodos de ensaio de desempenho e de cavitação para bombas hidráulicas de fluxo (centrífugas, axiais e mistas). Além disso, estabelece os procedimentos necessários para medição da vazão, altura, velocidade de rotação e potência consumida pelo equipamento.
Utilizamos a Motobomba Autoescorvante Toyama TFAE2RF55FX1 e que de acordo com o fabricante, apresenta uma vazão máxima de 34 m³/h (metros cúbicos por hora).
Através dos testes realizados no projeto, o resultado de 33,1 m³/h (metros cúbicos por hora) foi obtido e comparado com o valor fornecido pelo fabricante do equipamento escolhido, uma variação de 0,9 m³/h (metros cúbicos por hora) foi encontrada. Esta diferença pode ser explicada devido a bomba utilizada nos testes ser usada, onde pode apresentar desgastes em determinados componentes.
A norma referenciada descreve o valor de ± 3,5% como erro admissível. O projeto apresentou 0,97% de erro em relação aos dados fornecidos, assim destaca-se que o projeto conseguiu mostrar com confiabilidade os ensaios realizados, pois, o erro conhecido está dentro dos limites aceitáveis e que possibilita desenvolver a curva característica do equipamento.

***Palavras-chave**: Bombas Centrífugas, Curvas Características, Bancada de Teste.*

ABSTRACT

The search for equipment with reliable technical data has been the main choice of companies that use flow machines in their production processes.
The objective of this work was to develop a test bench to obtain the characteristic curve of a centrifugal pump.
As a reference in the tests, the standard MB-1032 (Flow hydraulic pumps - Performance and cavitation tests) was used, where in Inmetro this standard is registered as NBR6400 and prescribes performance and cavitation test methods for hydraulic flow pumps (centrifugal, axial and mixed). In addition, it establishes the necessary procedures for measuring the flow, height, speed of rotation and power consumed by the equipment.

We use the Toyama TFAE2RF55FX1 Self-priming Motor Pump, which according to the manufacturer has a maximum flow rate of 34 m³ / h (cubic meters per hour).
Through the tests carried out in the project, the result of 33.1 m³ / h (cubic meters per hour) was obtained and compared to the value supplied by the manufacturer of the chosen equipment, a variation of 0.9 m³ / h (cubic meters per hour) it found. This difference can be explained because the pump used in the tests is used, where it can present wear on certain components.
The referenced standard describes the value of ± 3,5% as an admissible error. The project presented a 0.97% error in relation to the data provided, so it is highlighted that the project was able to show the tests performed reliably, since the known error is within acceptable limits and it is possible to develop the characteristic curve of the equipment.

Key words: *Centrifugal pumps, Characteristic curves, Test Bench.*

1. INTRODUÇÃO

As bombas hidráulicas têm significativa aplicação na engenharia, pois, estão presentes em grandes números de projetos industriais. No mercado existem diversos modelos de bombas, sendo a bomba centrífuga a mais utilizada. Isso ocorre porque a bomba centrífuga é de fácil construção e manutenção, além disso, adequa-se na maioria dos projetos de bombeamento.

O acionamento destes equipamentos pode ser feito através de motores elétricos e a combustão, ou ainda, por turbinas a vapor. Os acionadores cedem energia mecânica e parte desta energia fornece ao fluido energia de pressão e energia cinética.

Em projetos hidráulicos com tubulações em diferentes níveis de alturas verticais e horizontais, a bomba gera potência fazendo com que o fluido preencha toda a área da tubulação, evitando qualquer possível falta de fluxo no sistema.

Um breve exemplo que podemos citar é um sistema residencial, que através da coleta de água da chuva por meio de calhas é armazenada em uma cisterna, assim é possível transferir o fluido por meio de uma bomba centrífuga de um nível mais baixo para um nível mais alto.

O objetivo principal deste trabalho foi projetar e desenvolver uma bancada didática para testes de bombas centrífugas de pequeno porte.

A obtenção da curva característica do equipamento ensaiado, foi adotada como o objetivo específico.

A bancada atua dentro dos conceitos de mecânica dos fluidos, instrumentação, controle e estabilidade de sistemas. Além disso, a bancada proporciona um contato direto com aplicações práticas através do dimensionamento dos equipamentos e sistemas hidráulicos.

Utilizamos a pesquisa científica para coletar dados de normas técnicas, literaturas e referências de diversas autorias, como artigos científicos, vídeo aulas e ficha técnica do

fornecedor do equipamento. Afim de fundamentar e ter amparo para as afirmações contidas neste artigo e projeto desenvolvido.

Através da pesquisa aplicada podemos colocar em prática os conhecimentos absorvidos na pesquisa científica. Elaboramos o protótipo objetivando a melhor eficiência e eficácia, usando componentes corretamente dimensionados.

Já na pesquisa ação, buscamos soluções para os problemas encontrados no decorrer do desenvolvimento do projeto, onde dificuldades no funcionamento dos instrumentos de medição podem ser eliminadas.

2. DESENVOLVIMENTO

A confiabilidade dos dados presentes nos manuais e fichas técnicas das bombas centrífugas tem grande importância para que o projetista possa dimensionar um sistema hidráulico em uma indústria, em uma rede hidráulica para combate e controle de incêndio ou, por exemplo, em um sistema de irrigação agrícola, pois, é necessário conhecer a altura manométrica e vazão requisitada no projeto. Além disso, é fundamental considerar as perdas de cargas, onde a influência na quantidade de conexões, tipo de material e comprimento da tubulação, interferem diretamente no resultado final do projeto.

A apresentação dos dados de vazão em relação a altura manométrica, especifica qual equipamento terá um melhor rendimento, facilitando ao projetista dimensionar um sistema mais eficiente.

O projeto desta bancada partiu da hipótese de a mesma ser utilizada em uma empresa importadora de bombas centrífugas, onde em um processo de importação deste modelo de máquina, as análises dos dados devem ser feitas afim de garantir os resultados indicados pelo fornecedor. Assim o importador disponibilizará o produto de forma segura e confiável para as diversas aplicações de mercado.

No âmbito internacional as bombas centrífugas atendem aos padrões estabelecidos pela ISO *(Internacional Organization for Standardization)* 5199 - *Technical Specifications for Centrifugal Pumps* (Especificações Técnicas para Bombas Centrífugas) e garantem um conjunto de especificações técnicas de bombas centrífugas.

No Brasil utiliza-se a NBR (Norma Brasileira) 6400 - Ensaios de Desempenho e de Cavitação em Bombas Hidráulicas de Fluxo, como referência. Esta norma é baseada na ISO 2548/72 Bombas Centrífugas de Fluxo Misto e Axiais – Código para Testes de Aceitação.

Para dimensionar um sistema primeiramente é necessário conhecer o fluido a ser bombeado, pois o peso específico de cada fluido interfere diretamente no resultado final

do projeto. Além disso, o projetista deve ter em mente os seguintes fatores que são comuns a todas as bombas centrífugas:

a) Altura manométrica de sucção (hs);
b) Altura manométrica de descarga (hd);
c) Comprimento da tubulação;
d) Quantidade de conexões;
e) Vazão requerida;

Por meio dessas informações é possível avaliar qual a melhor opção de bomba centrífuga disponível no mercado, levando em consideração a tabela de dados técnicos fornecida pelo fabricante.

2.1. BOMBA CENTRÍFUGA

Em uma instalação industrial ou residencial para que haja transferência de fluidos, é necessário a aplicação de uma bomba centrífuga corretamente dimensionada para realizar este trabalho.

Para Creder (2006, p. 42) “As bombas hidráulicas são máquinas destinadas à elevação da água ou de outro fluido, utilizando energia mecânica externa (motor elétrico ou térmico, força manual e etc.)”.

> Nas bombas centrífugas radiais “toda energia cinética é obtida através do desenvolvimento de forças puramente centrífugas na massa líquida devido à rotação de um rotor de característica especiais. Bombas desse tipo são empregadas quando se deseja fornecer uma carga elevada de fluido e as vazões são relativamente baixas. A direção de saída do líquido é normal ao eixo e por isso essas bombas são chamadas também de centrífugas puras”. MATTOS E FALCO (1998, p. 106).

Existem várias formas para descrever uma bomba centrífuga, a seguir demonstraremos mais uma forma de designar este equipamento.

A Figura 1, mostra o corte lateral de uma bomba centrífuga radial, onde o fluido entra com uma pressão inicial no bocal de sucção. Esta pressão inicial é elevada devido ao movimento do rotor (velocidade tangencial), assim o fluido é direcionado para o bocal de descarga. Quanto mais rotores (estágios), o equipamento tiver, maior será sua pressão de saída e consequentemente maior será a sua capacidade de elevação (altura manométrica).

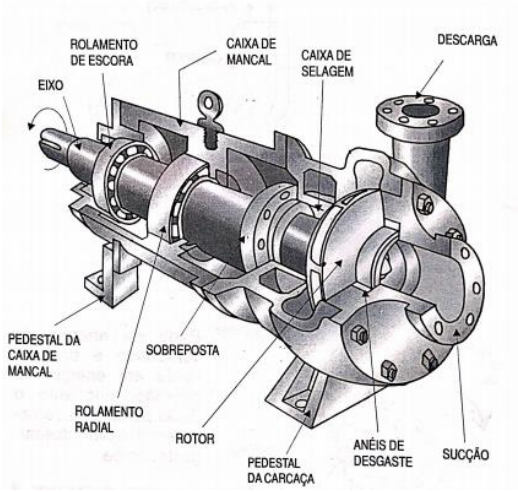


FIGURA 1 - CORTE DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA TÍPICA
FONTE: SILVA, *et al* (2000)

2.2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA E ALTURA MANOMÉTRICA

De acordo com os autores Mattos e Falco (1998, p. 134) para determinar a característica do sistema é necessário definir o ponto de trabalho necessária a qual energia por unidade de peso que o sistema solicitará de uma bomba conforme a vazão bombeada, onde a mesma é chamada de altura manométrica do sistema.

Assim para cada vazão, a bomba deve compensar a altura manométrica do sistema fornecendo uma carga que possa supri-la como a altura geométrica, as diferenças de pressões e as perdas na sucção e descarga.

Portanto a altura manométrica é uma característica do sistema enquanto que a carga é uma característica da bomba, considerando que a altura manométrica é capaz de vencer uma determinada vazão.

2.3. DETERMINAÇÃO DA CURVA DO SISTEMA

De acordo com os autores Mattos e Falco (1998, p. 140) é verificado a variação de vazão em relação a altura manométrica, assim a variação de energia é colocado no gráfico partindo-se do zero e elevando até vazão máxima da descarga.

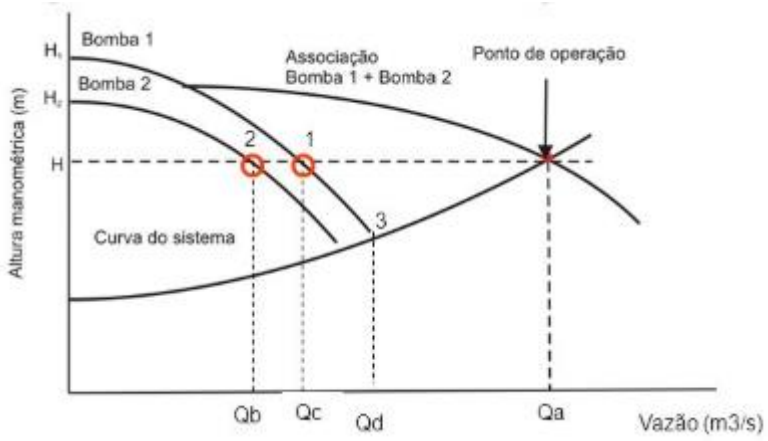


FIGURA 2 – CURVA DO SISTEMA
FONTE: ADAPTADO DE MATTOS E FALCO (1998)

As curvas do sistema funcionam em ampla faixa de valores. A operação é dada em função da altura manométrica e a vazão do sistema. A correlação mostra o ponto de encontro das curvas, denominado de ponto de operação e demonstra o melhor funcionamento da bomba centrífuga.

2.4. DETERMINAÇÃO DO PONTO DE TRABALHO IDEAL

De acordo com os autores Mattos e Falco (1998, p. 142) ao locar as curvas característica da bomba no gráfico obtemos o ponto na interseção da curva Q x H da bomba com a curva do sistema conforme o gráfico abaixo

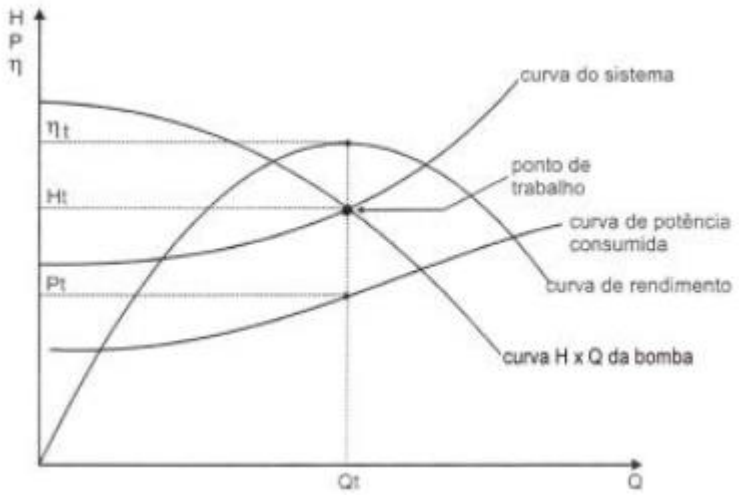


FIGURA 3 – PONTO DE TRABALHO
FONTE: ADAPTADO DE MATTOS E FALCO, (1998)

A partir do pico da curva determinamos o ponto de projeto da bomba, onde mostra o melhor desempenho da bomba. Essa determinação se torna plausível através dos procedimentos adotados no capitulo 3.3 procedimentos.

3. METODOLOGIA

Foram dimensionados os sistemas hidráulicos para conseguir um melhor controle, monitoramento e maior eficiência de sistemas de bombas, sejam elas ligadas em série ou em paralelo. Desse modo, obtêm uma maior confiabilidade no meio produtivo ao qual o sistema hidráulico está atuando, de modo a aumentar a eficiência como um todo e reduzir os custos a partir do dimensionamento correto de um projeto hidráulico.

Com variações de bombas existentes no mercado. Neste trabalho foi utilizado como amostra na obtenção de resultados a **Motobomba Autoescorvante Toyama TFAE2RF55FX1,** equipada com motor a gasolina de 5,5HP, diâmetro de sucção e recalque de 2", pois, um integrante da equipe trabalha na empresa importadora e possui esta motobomba em sua residência. O modelo atende aos requisitos para o teste aplicado e por ter media capacidade de vazão, este modelo de bomba oferece baixa pressão de recalque. Por isso são muito utilizadas na transferência de água limpas ou turvas entre cisternas, esgotamento de reservatórios e piscinas, abastecimento de caminhão pipa e etc.

A pesquisa foi baseada em referências bibliográficas e comparativos com a ficha técnica do fabricante, respaldando o modelo escolhido.

Devido o equipamento ser um produto importado, para que a confiabilidade dos resultados sejam aceitáveis, a bancada de teste pode confirmar os resultados fornecidos pelo fabricante através dos dados coletados durante o teste. Desta maneira a curva característica pode ser plotada em um gráfico gerado no *Excel* e comparado com a disponibilizada pelo fabricante.

Os dados coletados nesta pesquisa, são obtidos através da utilização de alguns instrumentos de medição, tais como, medidor de vazão ultrassônico, que apresenta os valores de vazão através da propagação do som dos fluidos. O vacuômetro que se destina a medir pressões baixíssimas muito próximas de pressões negativas, ou seja, no vácuo. Manômetro de pressão tipo elástico, que é submetido a valores de pressão abaixo do limite de elasticidade. Além disso uma válvula de esfera é utilizada para controlar o fluxo de saída da bomba, simulando diferentes alturas manométricas.

3.1. BANCADA DE TESTES

Foi utilizado um reservatório com capacidade de 1m³ para que os testes sejam eficientes, devido a necessidade de ter um nível mínimo de fluido, evitando problemas com a cavitação da bomba que pode prejudicar a leitura no sensor de fluxo.

Pensando nisso, é levado em conta a capacidade de movimentação da mesma. Desta forma foram instalados rodízios móveis que permitem o deslocamento do projeto.

O projeto foi concebido a partir da aquisição de alguns equipamentos pelos autores, e outros por terem um custo mais elevados foram cedidos pelas empresas onde atuam.

Todo trajeto da tubulação foi elaborado a partir do projeto a seguir abaixo especificado na Figura 4 onde partiu-se do princípio da adequação do sistema para o melhor funcionamento do sensor, em que curvas, válvulas e conexões não interfiram na leitura do medidor de fluxo ultrassônico e as perdas de carga não se tornassem tão relevantes ao projeto.

3.1.1. PROJETO

A seguir, a Figura 4 demonstra o esquema do projeto e funcionamento da bancada. Onde a bomba centrífuga faz a sucção do fluido no reservatório através da tubulação de sucção, onde uma pressão de entrada é encontrada. Logo após a sucção a bomba recalca a água pela tubulação de descarga, onde uma elevação de pressão é exercida, neste circuito um manômetro mede a pressão de saída onde é regulado pela válvula de bloqueio. Sensores transdutores medem o fluxo de fluido que passa pela tubulação e retorna ao reservatório.

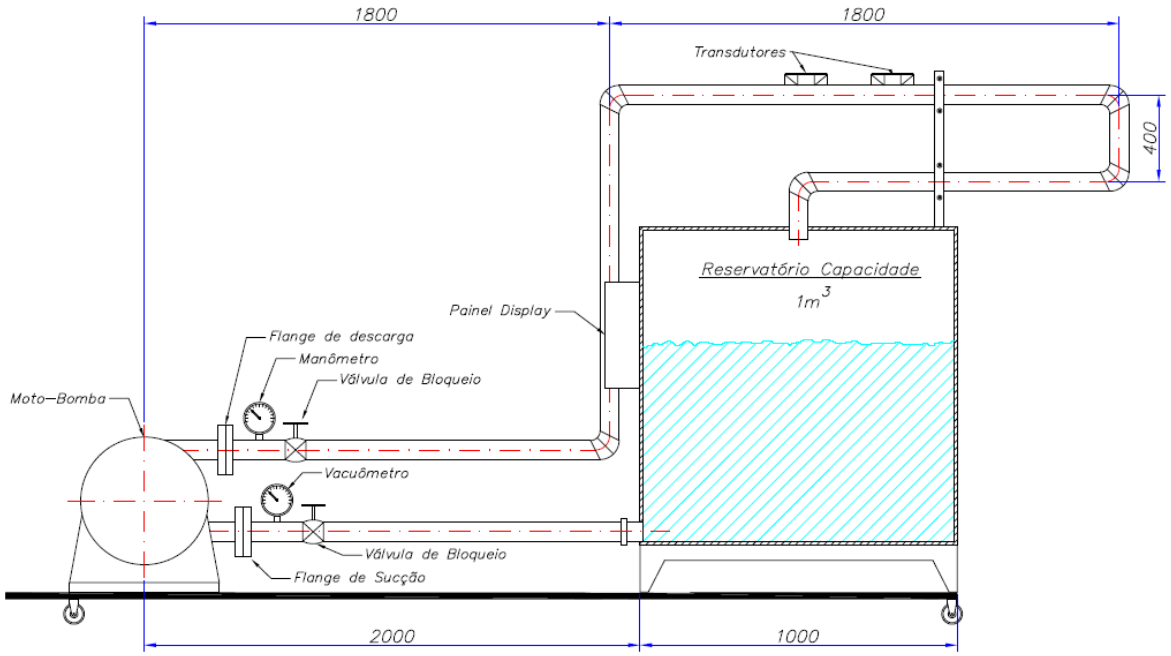


FIGURA 4 - ESQUEMA PARA CONSTRUÇÃO DA BANCADA DIDÁTICA
FONTE: OS AUTORES (2018)

Com base no esquema acima, foi definido o layout para construção da bancada, pois a disposição dos componentes possibilita qualquer manobra durante os procedimentos de testes.

3.2. ENSAIOS

O ensaio de desempenho tem por objetivo a determinação das curvas características reais, o que permitirá, mediante comparação com as curvas prometidas por ocasião da proposta, comprovar a qualidade do equipamento. (Mattos e Falco *et al*., 1998 p. 372).

> Segundo Macintyre, (1997, p. 740), refere-se que existe diferença entre ensaio e inspeção de uma motobomba:
> A inspeção é a conferência, por parte do comprador, de que o equipamento está sendo fabricado ou foi fabricado conforme as especificações contratuais. Geralmente é feito um acompanhamento da fabricação em todas as suas etapas, onde podem ser selecionados os materiais, tipo de usinagem, montagem, pintura, testes hidrostáticos e quando necessário a realização de testes não destrutivos como (raios X, ultrassom). Os ensaios das bombas são realizados para atender e obedecer a um ou mais dos objetivos:
> a. Verificar se os valores das grandezas, apresentados e informados pelo fabricante em sua proposta, ocorrem efetivamente.
> b. Atingir elementos para a construção da curva característica.
> c. Analisar se as condições de funcionamento mecânico da bomba são satisfatórias.

d. Investigar a operação de bombas de modelos ou detalhes construtivos novos, ou a utilização de matérias primas para operação sob condições especiais.
e. Pesquisar e analisar, em protótipos, os transientes hidráulicos, NPSH requerido, fenômeno de cavitação e etc.

Sabendo a diferença entre inspeção e ensaios de bombas centrífugas. Neste projeto adotamos as técnicas de ensaios. Tendo como objetivo garantir os dados disponibilizados pelo fabricante da bomba à empresa importadora.

3.3. PROCEDIMENTOS

Os testes foram desenvolvidos seguindo NBR 6400 (1989, p. 7). Esta norma descreve que para determinar o desempenho de uma bomba é necessário atingir um número razoável de pontos, no mínimo 5 pontos de altura manométrica, tendo diferenças admissíveis entre a maior e a menor leitura em 3,5%. Desta maneira é possível obter as grandezas dentro dos limites de erros estabelecidos.

De forma simples, as curvas são plotadas de acordo com as etapas a seguir:

1º) coloca-se a bomba em funcionamento na sua rotação nominal de trabalho 3600 rpm (rotações por minuto). Com a válvula de descarga completamente fechada, é possível determinar a pressão de entrada e saída produzida pela bomba, nesta condição dizemos que a bomba está operando em modo *shut-off* (vazão Q=0*)*. Conhecendo estes valores é possível determinar a altura manométrica desenvolvida pela bomba, utilizando a equação 1:

$$H = \frac{P_5 - P_4}{\gamma} \quad (1)$$

Sendo:

H= altura manométrica

P_5= pressão de saída

P_4= pressão de entrada

γ= peso específico

Esta altura indicada denominaremos de H_0.

2º) abre ¼ da válvula, obtendo uma nova vazão (Q=1) a qual é determinada pelo medidor ultrassônico, consequentemente uma nova pressão de entrada e saída será conhecida. Desenvolvendo uma nova altura manométrica, a qual denominaremos de H_1.

3°) abre mais ¼, atingindo ½ volta na válvula, onde obtêm-se a vazão (Q=2) e uma próxima altura, denominada de H_2.

4°) atingindo ¾ de abertura na válvula, obtemos uma vazão (Q=3) e altura H_3.

5°) completando 1 volta de abertura na válvula de descarga, alcançamos a vazão (Q=4) e altura H_4, novas pressões de entrada e saída serão conhecidas, que ao serem substituídas na formula apresentada anteriormente, conheceremos a altura manométrica H_4.

6°) seguindo os processos anteriores mais algumas vezes, vários pontos de vazões e pressões serão obtidos, que através de cálculos, novas alturas manométricas serão conhecidas, assim é possível traçar um gráfico, onde no eixo horizontal (abcissas) serão disponibilizados os valores das vazões e no eixo vertical (ordenadas), as alturas manométricas obtidas.

3.4. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a MB-1032 (1989, p. 7), a duração dos ensaios deve ser suficiente para atingir os resultados confiáveis e próximos da realidade, considerando sempre a precisão a ser atingida. Recomenda-se efetuar diversas leituras da mesma grandeza com a finalidade de reduzir a margem de erros.

Nos primeiros testes efetuados não foram possíveis obter os resultados de vazão. Após análises efetuadas no manual do medidor de vazão e no projeto da bancada, pode-se constatar erros no posicionamento dos sensores transdutores, onde estavam próximos a curvas e conexões. Na região próxima a curvas e conexões, o fluido tende a ter um regime de escoamento turbulento, o que interfere diretamente na leitura do instrumento.

Desta maneira foi necessário aumentar o comprimento da tubulação de descarga, permitindo que os sensores transdutores fossem reposicionados de acordo com a recomendação do fabricante do instrumento.

Posteriormente as correções efetuadas no projeto foram possíveis obter resultados de vazões da bomba centrífuga, conforme apresentado na tabela abaixo:

TABELA 1 – RESULTADOS

Medições	Porcentagem (abertura da válvula)	H	Q
1ª	0%	24	0
2ª	12,5%	23	4,9
3ª	25%	21,5	10,2
4ª	37,5%	19,5	15,2
5ª	50%	15,5	21,3
6ª	62,5%	11,5	25,4
7ª	75%	8,5	28,1
8ª	87,5%	5,5	30,3
9ª	100%	0	33,1

FONTE: OS AUTORES (2018)

A seguir na Figura 5 apresentamos a curva resultante alcançada através dos testes efetuados no projeto.

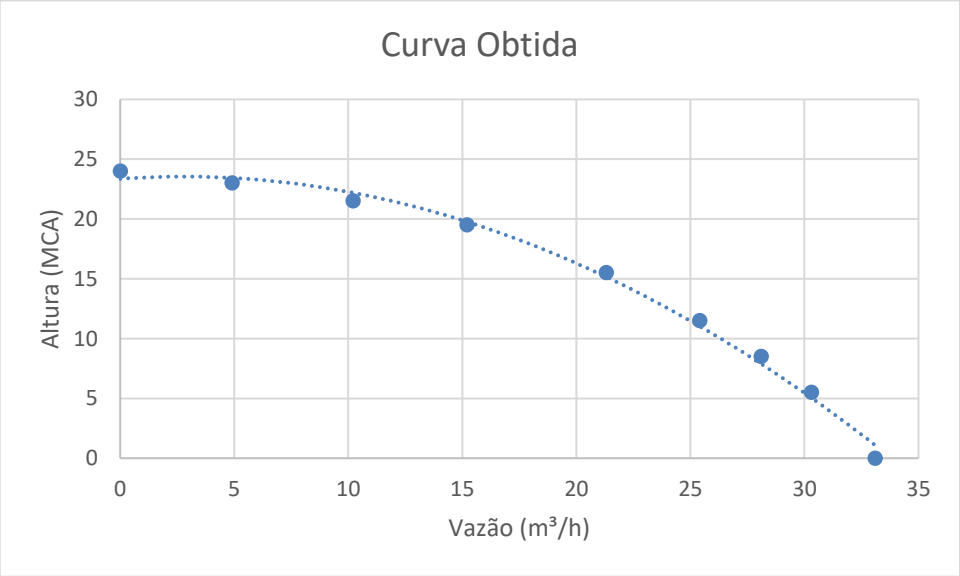


FIGURA 5 - CURVA OBTIDA NO PROJETO
FONTE: OS AUTORES (2018)

Após os resultados atingidos, foi possível traçar a curva característica em um gráfico no Excel. A seguir, apresentamos o comparativo entre o resultado obtido nos testes do projeto desenvolvido pela equipe e os dados técnicos disponibilizados pela empresa importadora, através da ficha técnica do produto.

3.5. COMPARATIVOS

Através da curva obtida pela bancada de teste elaborada pelos autores, traçamos uma curva em paralelo com a curva fornecida pelo fabricante, onde através da Figura 6 é possível analisar o comparativo entre a curva fornecida e a curva obtida.

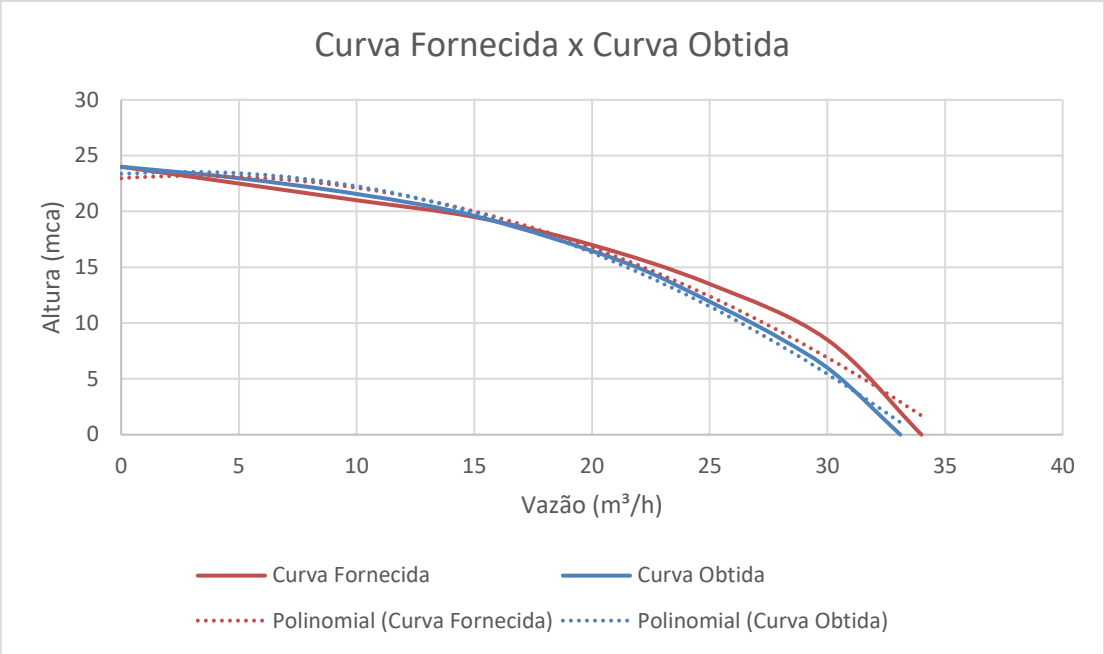


FIGURA 6 – CURVA COMPARATIVA
FONTE: OS AUTORES (2018)

Motobomba Gasolina

TFAE2RF55FX1

Informações Técnicas dos Produto

Dados Técnicos

DESCRIÇÃO	Modelo
Tipo	Monocilindrico, 4 Tempos, refrigerado a ar
Modelo	TF55
Cilindrada (cc)	163
Potência Máxima (cv/rpm)	5,5 / 3600
Potência Nominal (cv/rpm)	5,0 / 3600
Sistema de partida	Manual/Elétrica
Tipo da bomba	Auto-escorvante
Material do corpo da bomba	Alumínio
Nº de rotores	1
Material rotor	Ferro Fundido
Diâmetro de Sucção pol.	2"
Diâmetro de Recalque pol.	2"
Altura Máxima (m)	24
Sucção Máxima	6
Vazão Máxima (m3/h)	34
Sensor de óleo	Sim
Tempo de Escorva - Sucção 4 m (seg.)	120
Dimensões (C x L x A) (mm)	460 x 365 x 380
Peso Liquido (kg)	24

ALTURA (mca)	VAZÃO (m³/h)
24	0
22,5	5
21	10
19,5	15
17	20
13,5	25
8,5	30
0	34

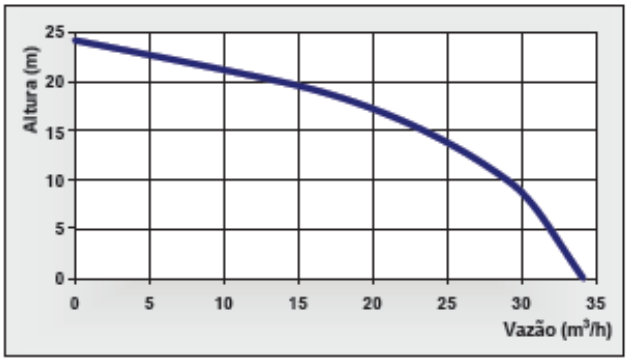


FIGURA 7 - FICHA TÉCNICA
FONTE: TOYAMA DO BRASIL (2015, p.32)

Esse comparativo da bancada mostra a real eficiência e desempenho da bomba onde verificamos uma pequena diferença de vazão entre 34 m³/h (curva fornecida pelo fabricante) e 33,1 m³/h (curva obtida pela bancada de teste).

A porcentagem de erro na bomba em questão se descreve em 0,97%, no que indica que a bancada se torna um equipamento com eficiência capaz de aprovar a veracidade dos dados fornecidos pelo fabricante.

4. CONCLUSÃO

Esse trabalho, mostrou o projeto e desenvolvimento de uma bancada de testes e ensaio de bomba centrífuga, onde permitiu avaliar o modelo escolhido, através dos dados obtidos nos testes realizados pela equipe.

A bomba centrifuga ensaiada é importada por uma empresa cujo um dos integrantes do grupo trabalha e através dos testes realizados, foi possível conhecer as grandezas das variadas alturas manométricas em relação as variadas vazões do equipamento.

Toda a pesquisa foi baseada na norma MB-1032 onde no Inmetro está norma é registrada como NBR6400. De acordo com a norma, para que os resultados dos testes sejam confiáveis é necessário obter no mínimo 5 níveis de alturas em relação as vazões, feito isso, é possível certificar se o equipamento tem a eficiência esperada.

Com base nos dados obtidos, foi possível desenvolver a curva característica da bomba, a qual foi comparada com a curva disponibilizada pelo fabricante em sua ficha técnica. Desta maneira, podemos analisar se os resultados alcançados são aceitáveis com os que foram informados pelo fornecedor.

O projeto permite realizar testes de bombas centrifugas com diâmetros de sucção e recalque que variam de 1” a 4”, pois o medidor de vazão utilizado permite isso, sendo necessário somente substituição das conexões e tubulações do sistema. É possível desenvolver maneiras de executar o setup das bombas e suas tubulações com praticidade e agilidade para que possam ser realizados os testes com rapidez, não sendo necessário ter vários modelos de bancadas.

A bancada conseguiu mostrar com confiabilidade os ensaios de bombas centrifugas. Os objetivos esperados neste trabalho foram atingidos, principalmente os objetivos que se deu com o dimensionamento e validação da bancada, possibilitando desenvolver a curva característica de uma bomba, que comprovam na prática os estudos teóricos obtidos ao longo do curso.

Melhorias podem ser inseridas a esse projeto, como por exemplo, a aquisição de outros modelos de transdutores de vazão, afim de que possa medir outros modelos de bombas que não se encaixam ao transdutor utilizado.

5. REFERÊNCIAS

ABNT MB-1032, endereço telegráfico NORMATÉCNICA, ano 1989, registro do INMETRO NBR 6400 seguindo a ISO 2548/72.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e Instalações de Bombeamento.** 2ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MATTOS, Edson Ezequiel de; FALCO, Reinaldo de. **Bombas Industriais.** 2ª. ed. Rio de Janeiro: Inter Ciência, 1998.

NBR 6400. **Bombas Hidráulicas de Fluxo (Classe C)** – Ensaios de Desempenhos e de Cavitação, 1989.

SILVA, Gilberto Queiroz. **Lições de Hidráulica.** Departamento de Engenharia Civil: Universidade Federal de Ouro Preto, 2015.